

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování



Technická diagnostika jako nástroj prokazování kvality výroby

Technical Diagnostics as a Tool for
Demonstrating the Quality of Production

Student:

Bc. Josef Gura

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Josef Gura**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování

Téma: **Technická diagnostika jako nástroj prokazování kvality výroby**
Technical Diagnostics as a Tool for Demonstrating the Quality of Production

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Na základě požadavků a podkladů zadavatele proveďte posouzení současného stavu a možností dalšího vývoje v oblasti kontroly kvality konečného produktu při výrobě flexibilních kovových dílů.

V rámci zadání zpracujte:

Literární rešerši k problematice určení flexibilních kovových dílů, jejich výroby a požadavkům na jakost z pohledu dodavatele výrobků pro automobilový průmysl.

Popisnou část informující o portfoliu dodávaných koncových výrobků a užívaným výrobním postupům.

Zjištění aktuálního stavu v oblasti kontroly kvality konečného produktu s hodnocením kladů a nedostatků, například na základě zpětné vazby od odběratele.

Návrh možností rozšíření kapacit kontrolní činnosti z důvodů možného navýšení výroby, případně požadavků odběratele na sledování dalších parametrů výrobků, například zařazením nového stroje pro finální kontrolu.

Zpracování doporučení pro další provoz v oblasti výstupní kontroly.

Další pokyny a doporučení poskytne konzultant diplomové práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- MACHEK, V. *Zpracování a zkoušení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2011. 157 s. ISBN 978-80-01-04683-8.
- SKRBK, B. *Pokroky v oblasti nedestruktivního zkoušení*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. 56 s. ISBN 978-80-7494-165-8.
- LENFELD, P. *Technologie II. Část 1., Tváření kovů*. 2. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. 110 s. ISBN 978-80-7372-466-5.
- Vhodnost kontrolních procesů: vhodnost měřicích systémů, vhodnost procesů měření a kontroly, rozšířená nejistota, posuzování shody*. Překlad Němeček P. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011. 170 s.
- Management kvality v automobilovém průmyslu*; 5. ISBN 978-80-02-02307-4.
- Technická čistota při montáži: prostředí, logistika, personál a montážní zařízení*. Překlad Křeček S. 1. české vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2012. 198 s. Management kvality v automobilovém průmyslu. ISBN 978-80-02-02406-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ladislav Hrabec, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018.

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на вѣдомі, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018.

.....

Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Josef Gura

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Olomoucká 71, Opava 746 01

Anotace

Bc. GURA, Josef. *Technická diagnostika jako nástroj prokazování kvality*. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2018, 62 s. Diplomová práce, vedoucí Ing. HRABEC, Ladislav, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá rozbořem úseku řízení jakosti ve firmě Witzenmann Opava spol. s r.o. Jako stěžejní bod práce je zvolen jeden specifický díl z mnoha druhů dílů vyráběných v prostorách firmy, na kterém jsou postupně rozebrány jednotlivé operace kontroly kvality dílu. Každá pracovní operace kontroly je zhodnocena z hlediska výhod a nedostatků. Kontrola dílu je rozebrána v postupném sledu pracovních operací tak, jak je stanoveno technologickým postupem. Praktická část se zabývá celkovým zhodnocením nedostatků v řízení jakosti a doplněním návrhů pro zlepšení celkového procesu prokazování kvality. Závěr pak shrnuje celkové hodnocení s klady a zápory prokazování kvality.

Annotation

Bc. GURA, Josef. *Technical Diagnostics as a Tool for Demonstrating the Quality of Production*. Ostrava: Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical university of Ostrava, 2018, 62 p. Diploma thesis, head Ing. HRABEC, Ladislav, Ph.D.

This diploma thesis deals with the analysis of the quality management department at Witzenmann Opava spol. s r.o. Part of the work is a specific piece of many types of parts manufactured in the company premises, where individual parts quality control operations are gradually disassembled. Each control operation is evaluated for advantages and disadvantages. The part control is disassembled in a successive sequence of operations as determined by the technological process. The practical part deals with the overall evaluation of the quality management deficiencies and the addition of proposals for improvement of the overall quality assurance process. The conclusion summarizes the overall evaluation with the pros and cons of the quality assurance.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
Úvod	10
1. Představení firmy	12
2. Popis flexibilních dílů s informacemi o portfoliu vyráběných koncových výrobků s obecnými pracovními operacemi	14
2.1 Popis obecného flexibilního dílu	14
2.2 Informující část o portfoliu dodávaných koncových výrobků a obecným užívaným výrobním postupům	16
3. Zjištění aktuálního stavu v oblasti kontroly kvality	19
3.1 Vstupní kontrola rozměrů materiálu	19
3.2 Kontrola složení materiálu spektrometrem	19
3.3 Zkouška hlubokotažnosti dle Erichsena	22
3.4 Kontrola svaru defektoskopií – vířivých proudů	24
3.5 Kontrola délky dílu	25
3.6 Měření vnějšího průměru vyráběné trubky	26
3.7 Kontrola převýšení svaru	28
3.8 Pevnostní kontrola svaru	29
3.9 Kontrola profilu tvářených vln	32
3.10 Kontrola délky oříznutého vlnovce	34
3.11 Kontrola geometrie trubky po ohnutí	35
3.12 Kontrola kvality odmaštění	37
3.13 Kontrola předmontáže dílu	38
3.14 Kontrola vhodného nanesení pájecí pasty	39
3.15 Finální kontrola zhotoveného dílu	40
3.16 Kontrola čistoty dílu	43
4. Návrh možností rozšíření kontrolní činnosti	45
4.1 Zhodnocení pracovních operací v řízení jakosti	45
4.1.1 Měření vnějšího průměru vyráběné trubky	45
4.1.2 Kontrola převýšení svaru	46
4.1.3 Kontrola profilu tvářených vln	46
4.1.4 Kontrola délky oříznutého vlnovce	47
4.1.5 Finální kontrola zhotoveného dílu	49

4.2	Kontrola vhodného nanesení pájecí pasty a tím i celistvosti pájeného spoje	49
5.	Doporučení pro další provoz v oblasti výstupní kontroly	55
6.	Závěr.....	56
7.	Seznam použitých zdrojů	59
8.	Seznam příloh	61

Seznam použitých značek a symbolů

<u>Značka</u>	<u>Název</u>	<u>Jednotka</u>
A	Šířka pásu	[mm]
a	Rozteč mezi vlnami	[mm]
B	Tloušťka pásu	[mm]
ØD	Vnější průměr vlnovce	[mm]
Ød	Vnitřní průměr vlnovce	[mm]
ELM	Elektromagnetické pole	[A·m ⁻¹]
H	Výška nad svarovou housenkou	[mm]
h	Velikost prohloubení plechu	[mm]
IE	Prohloubení plechu	[mm]
L	Celková délka vlnovce	[mm]
l	Funkční délka vlnovce	[mm]
m	Hmotnost	[g]
RTG	Rentgenové záření	[m]
T	Převýšení svaru	[mm]
t	Tloušťka plechu	[mm]
ČSN EN ISO	Norma	[-]
EGR	Recirkulace spalin	[-]
HYDRA®	Značení nerezových elementů	[-]
KP	Kontrolní přípravek	[-]
NOK díl	Díl, který neodpovídá VD	[-]

OK díl	Díl, který odpovídá VD	[-]
POKA – YOKE	Zabránění neshod ve výrobním procesu	[-]
QMS	Systém řízení jakosti	[-]
USB	Univerzální sériová sběrnice	[-]
ÚŘJ	Úsek řízení jakosti	[-]
VD	Výkresová dokumentace	[-]
VDA	Verband für Automobilindustrie	[-]
	Spolek pro automobilový průmysl	

Úvod

Tématem diplomové práce je seznámení se s problematikou určování flexibilních dílů ve firmě Witzenmann Opava spol. s r.o. a prozkoumání celkového procesu řízení jakosti ve firmě. V každé výrobní operaci je detailně prozkoumán proces kontroly dílu, přičemž jsou jednotlivé kroky dále hodnoceny formou kladů a nedostatků.

Celkový proces kontroly kvality dílů je jednou z nejdůležitějších částí procesu výroby, na nějž by v podstatě každá firma měla brát největší zřetel, jelikož kvalita dodávaného dílu znázorňuje i celkovou kvalitu a konkurenceschopnost firmy z výrobního hlediska a vyzdvihuje firmu kladným hodnocením na celosvětovém trhu, což firmě dodává možnosti rozšíření sortimentu výroby a firmy samotné.

Úsek řízení jakosti firmy Witzenmann Opava spol. s r.o. tvoří samostatné pracoviště s celkovým počtem 10 zaměstnanců kvalifikovaných pro výkon své pracovní činnosti. Tito jsou pravidelně seznamováni nejen s aktuální výrobou a kontrolními postupy, ale také se specifickými požadavky zákazníků. Rovněž se aktivně podílejí na zefektivnění výrobního procesu. Dále mají na starosti kalibraci a funkčnost měřidel a kontrolních přípravků.

Mimo tento úsek je prováděna kontrola dílů během výroby také operátory, kteří daný díl v určité fázi zpracovávají. K tomu, aby mohla být taková kontrola prováděna, je zapotřebí průběžné školení obsluhy nejen z hlediska technologických postupů při výrobě jednotlivých dílů, ale také z hlediska užití měřidel a kontrolních přípravků, četnosti a záznamu měření.

Jelikož se jedná o rozsáhlý komplex činností, je cílem této diplomové práce z diagnostického hlediska zhodnotit všechny kontrolní postupy, tedy prováděné pracovníky ÚŘJ i operátory výroby, odhalit nedostatky v celém procesu řízení jakosti a na základě zhodnocení navrhnout případné možné změny, které by v konečném důsledku vedly k časové a v ideálním případě také finanční úspoře firmy a zvýšení celkové jistoty firmy v kvalitě vyráběných dílů.

S ohledem na stanovené cíle považuji za vhodné práci formálně rozdělit do dvou částí, z nichž první teoreticky popíše aktuální stav kontroly jakosti, druhá se pak více zaměří na detailnější hodnocení kontroly s případnými možnými návrhy a doporučeními pro její zlepšení za účelem dosažení vyšší přesnosti a efektivnosti měření.

1. Představení firmy

Práce je tvořena ve spolupráci s firmou Witzenmann Opava s.r.o., která je součástí celosvětově působící mezinárodní společnosti Witzenmann Group. Společnost Witzenmann Opava byla založena v roce 1993.

Společnost se zabývá širokou výrobou nerezových, pružných elementů, které jsou ve světě distribuovány pod značkou HYDRA®. V roce 2008 firma investovala do růstu strojního provozu, což přineslo celkové zlepšení kvality výroby, možnost nové výroby pružných kovových elementů užívaných v automobilovém průmyslu jako dilatační prvek výfukových systémů a tzv. EGR díly používané jak v osobních, tak nákladních automobilech. Tímto se firma od roku 2008 angažuje jako výrobce dílů tlumících vibrace pro automobilový průmysl.



Obr. 1 – Sídlo firmy Witzenmann Opava spol. s r.o. [1]

Výrobky mají využití nejen v automobilovém průmyslu, ale uplatňují se také v oborech:

- Chemický průmysl
- Petrochemický průmysl
- Energetický průmysl
- Technické vybavení budov aj.

Momentálně společnost zaměstnává 350 pracovníků, kteří díly vyvíjí a zpracovávají do konečného stavu v bohatém strojním závodě, jehož rozloha činí 16 000 m².

Firma Witzenmann Opava je zatím dceřiná společnost mezinárodní společnosti Witzenmann Group, jež vlastní mnoho certifikátů, např. ISO 9001, 14001 aj., které spolu tvoří opěrné body QMS. Nabízí kompletní produktovou škálu skupiny Witzenmann, stejně jako standardizovaný výrobní design, samotné výrobní procesy, technologické postupy, kvalitní vybavení ÚŘJ (úsek řízení jakosti) zkoumající jakosti výrobků. Jakožto technologický leader je firma schopna nabízet komplexní technická řešení a produkty splňující nároky jejich zákazníků jak stálých, tak i těch nových.



Obr. 2 – Flexibilní síť společnosti Witzenmann [1]

2. Popis flexibilních dílů s informacemi o portfoliu vyráběných koncových výrobků s obecnými pracovními operacemi

2.1 Popis obecného flexibilního dílu

Kovové hadice a trubky jsou samy o sobě nepostradatelnou částí moderní technologie, která klade vysoké nároky na kvalitu zpracování dílů z hlediska proudícího média. Díly musí odolat velkým tlakovým a teplotním rozdílům při běžném provozu např. při vedení motorových spalin.

Vlnovec jako takový je používán pro označení trubky nebo hadice, která je po svém obvodu tvarovaná charakteristickými vlnami. Toto tvarování dodá trubce pružnost, která se dá dále použít v široké škále odvětví.

Vlnovce lze dále dělit dle:

- Způsobu použití
 - Distribuční (obr. 3)
 - Ochranné (obr. 3)
- Typu provedení
 - Paralelní
 - Spirálové

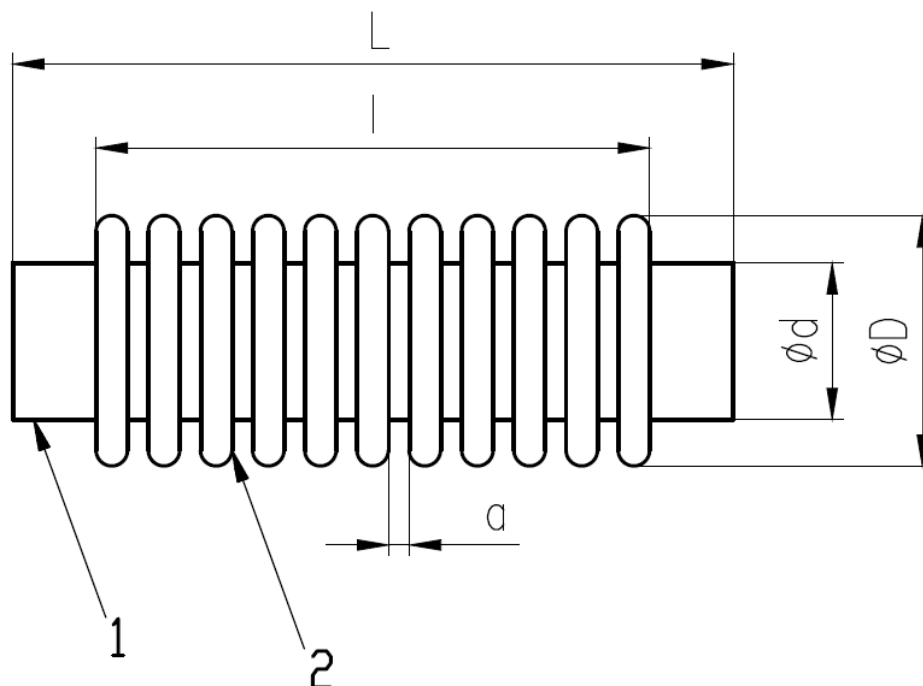


a)Distribuční

b)Ochranný

Obr. 3 – Tvary vln dle způsobu použití [2]

Volba správného typu vlnovce závisí na způsobu využití dílu. Vlnovcové trubky jsou navrženy tak, aby byly pružné a zároveň si udržely svůj tvar, zatímco hadice jsou navrženy za účelem pružnosti a poddajnosti. Dále závisí především na materiálu, ze kterého se budou díly vyrábět, tvaru vln a správné velikosti průměru.



Obr. 4 – Schéma vlnovce

- **1** - Konec vlnovce pro další zpracování dle požadavků
 - a. Různé příruby
 - b. Napojení další trubky či hadice
- **2** - Tělo vlnovce
- **L** - Celková délka vlnovce [mm]
- **l** - Funkční délka vlnovce [mm]
- **a** - Rozteč mezi vlnami [mm]
- **ØD** – Vnější průměr [mm]
- **Ød** – Vnitřní průměr [mm] – v praxi označován DN (Diameter Nominal)

Konec vlnovce se dá přizpůsobit pro mnoho způsobů využití určeného zákazníkem např. připájení příruby pro šroubové spojení či příruby se závitem pro závitové spojení případně spojení s další ohnutou trubicí či dalším vlnovcem.

Funkční délka vlnovce „L“ je ta část vlnovce, která je schopna různých deformací či ohybů, které se opakují. Obecně celková délka vlnovce „L“ je daná tolerancí +3% až -1%, pokud není výrobcem či zákazníkem definováno jinak. Tato tolerance není vztažena pro velmi krátké vlnovce z důvodu správného ukončení vlnovce, avšak celková délka „L“ nesmí překročit spodní toleranci dílu pod 99% [3].

Rozteč mezi vlnami „a“ je dána způsobem využití dílu a zároveň požadovanými mechanickými vlastnostmi [3]. Pokud je zákazníkem dáno, aby byl vlnovec poddajnější a pružnější, je třeba rozteč mezi vlnami „a“ vyrobit v hustším provedení. Naopak pokud je rozteč mezi vlnami „a“ větší, díl je potom méně poddajný, je tužší.

Vnitřní průměr DN (diameter nominal), v češtině označován jako nominální průměr, je volen především dle požadavků zákazníka, každopádně je doporučeno normou ČSN EN ISO 10380 volit nominální průměry v určitých krocích v rozsahu od DN 4 až DN 300 mm. Pokud je průměr DN volen dle domluvy zákazníka s výrobcem, nesmí být nominální průměr menší než 98% požadovaného [3].

Tloušťka stěny vlnovce je dána vždy dle požadavků zákazníka. Firma Witzenmann Opava vyrábí převážně vlnovce z tloušťky materiálu od 0,15 až 0,8 mm. Materiál je ve většině případů volen nerezový.

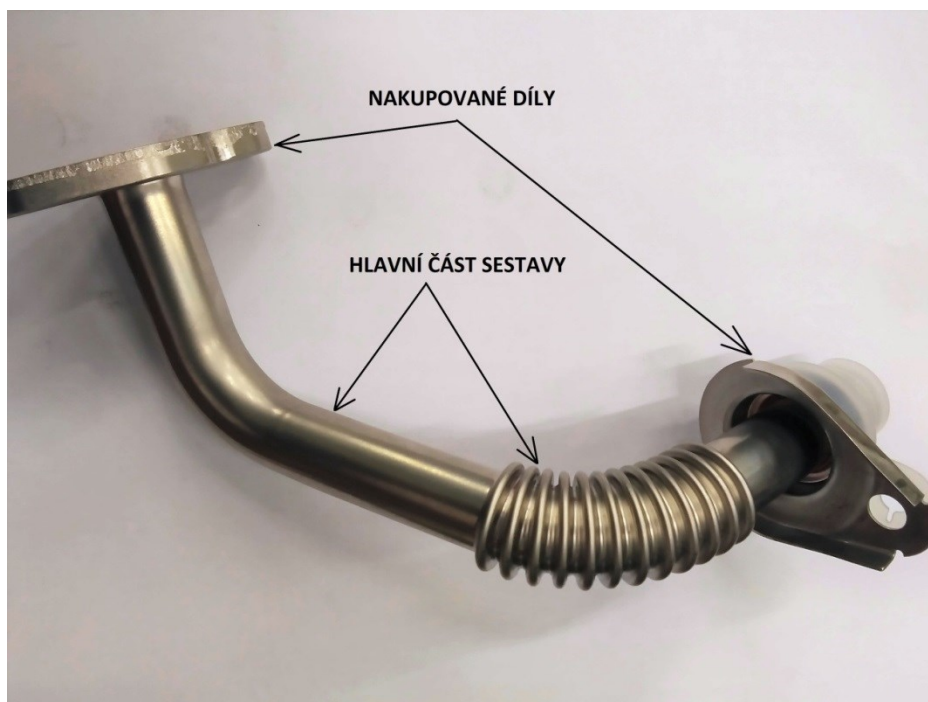
2.2 Informující část o portfoliu dodávaných koncových výrobků a obecným užívaným výrobním postupům

Společnost se zabývá širokou výrobou nerezových pružných elementů, které jsou ve světě distribuovány pod značkou HYDRA®. Firma navázala na výrobu klasických nerezových vlnovců sloužících jako těsnící prvky při výrobě ventilů určených pro jaderný průmysl. Výroba je zaměřena na tvorbu malých kompenzátorů, vlnovců a kovových hadic.



Obr. 5 – Ukázka výrobního portfolia firmy Witzenmann Opava spol. s r.o. [1]

Jednu z částí výrobního portfolia firmy Witzenmann Opava tvoří díl, který je uveden na obrázku č. 6 a který se stal předmětem této diplomové práce. Na tomto díle je diagnostikován proces řízení jakosti v celém průběhu jeho výroby. Sledy pracovních operací se na většině dílů opakují, pouze s jiným nastavením délek řezů, ohybů a ostatních výrobních parametrů. Prokazování kvality na dílech jsou tím pádem také obdobné, a proto výběr specifického dílu byl proveden jen pro zlepšení představivosti, jak je kontrola dílů prováděna.



Obr. 6 – Ukázka finálního výrobku [15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie č. 6 jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.

Celá sestava je složena z více částí, kdy hlavní část je tvořena ohnutou trubkou dle dané geometrie s tvářenými vlnami a druhou část sestavy tvoří nakupované díly. Ve schématu výroby na obr. č. 7 je zobrazen sled výrobních operací celého dílu, ve kterém je každá operace rozebrána z pohledu prokazování kvality výrobku.



Obr. 7 – Schéma pracovního postupu výroby daného dílu

Dále jsou jednotlivé operace rozebrány z hlediska kontroly jakosti dílu za průběhu celé výroby.

3. Zjištění aktuálního stavu v oblasti kontroly kvality

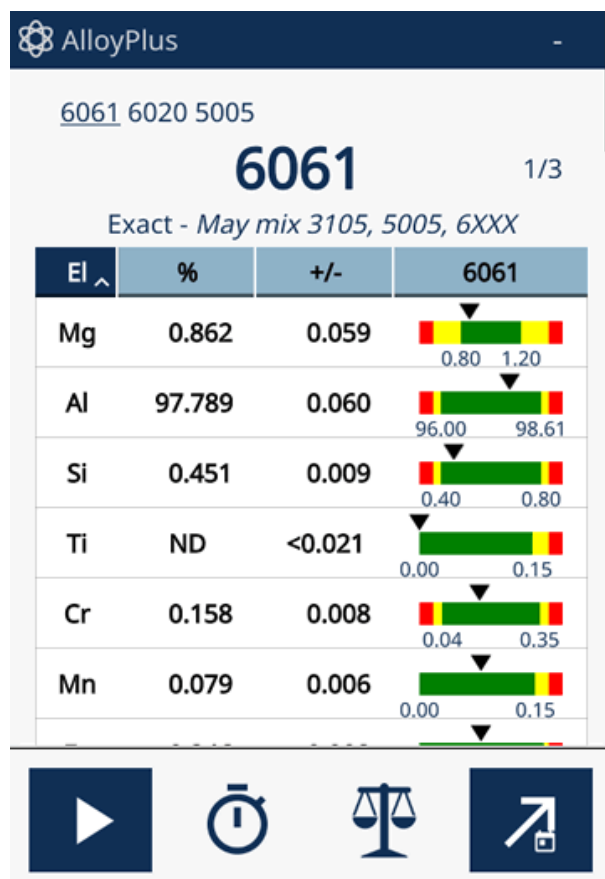
3.1 Vstupní kontrola rozměrů materiálu

Při přejímce materiálu a jeho uskladnění je třeba pracovníkem ÚŘJ materiál řádně rozměrově zkontrolovat, zdali je vyrobený materiál použitelný pro danou výrobu trubky dle VD. Pracovník ÚŘJ dle balícího štítku porovná správnost zabaleného svitku a vhodným měřidlem materiál zkontroluje. Jako vhodné měřidlo je považováno posuvné měřítko, kterým se dá změřit jak šířka pásu „A“[mm], tak tloušťka svitku „B“[mm].

Měření je rychle, snadné a určitě pro firmu potřebné, jelikož firma tímto předejde případným neshodám na pracovišti. Jelikož je materiál uskladněn určitou dobu ve skladu materiálu a není hned zpracováván, díky této kontrole je možné materiál obratem reklamovat a předejít časovým ztrátám.

3.2 Kontrola složení materiálu spektrometrem

Vstupní kontrola chemických vlastností materiálu je prováděna ručním spektrometrem na bázi rentgenového záření. Zkouška se řadí mezi nedestruktivní zkoušky, takže měření může probíhat na samotném svitku, aniž by byl materiál analýzou degradován. Zařízení je vyrobeno tak, aby se s ním dalo manipulovat jednou rukou bez jakýchkoliv stěžení. Spektrometr je schopen díky akumulátoru pracovat bez připojení do elektrické sítě, takže příslušná osoba proškolená v používání tohoto spektrometru je schopna přijít se zařízením až k výrobní lince, kde už je materiál nachystán pro zpracování a jednoduše vlastnosti materiálu zkontrolovat. Přístroj také umožňuje přenos naměřených dat pomocí USB konektoru. Tato kontrola je v praxi nejrozšířenější metodou měření, z důvodu její jednoduchosti.



Obr. 9 – Příklad naměřených hodnot vzorku plechu spektrometrem Vanta VCR [4]

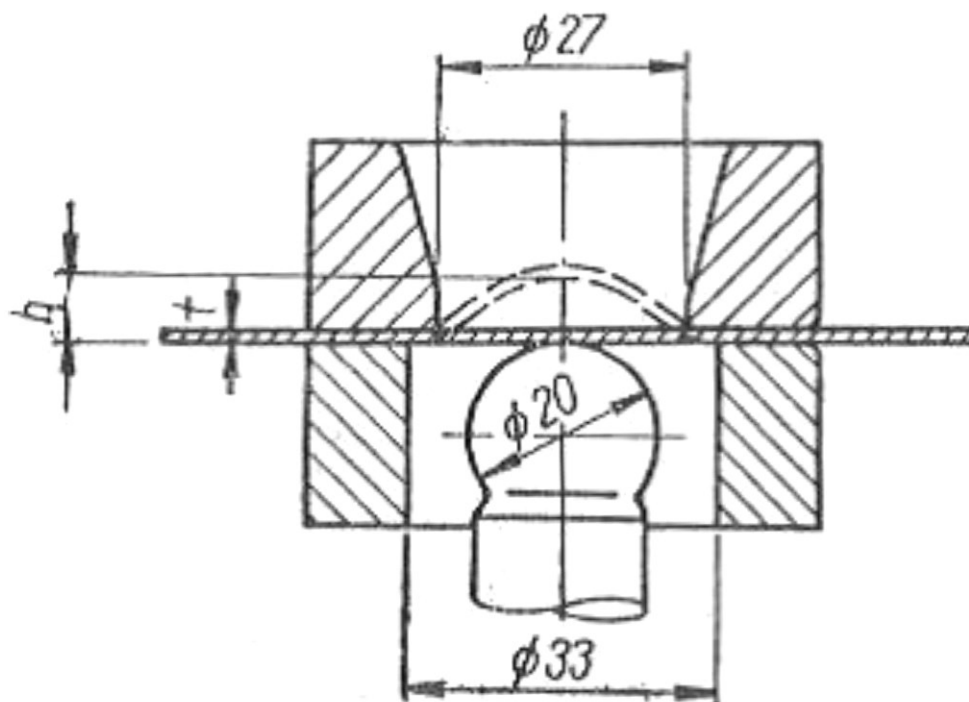
Závěrem bych tuto diagnózu materiálu hodnotil jako přínosnou pro firmu. Měření je snadné, rychlé a jde jím určit, zdali je doručený materiál odpovídající atestu či není. Analýza materiálu se však musí brát s ohledem na přesnost zařízení. V případě naměřených hodnot nepatrně přesahujících toleranční meze atestu materiálu bych se v případné reklamaci vadného materiálu o toto měření určitě neopíral. Měření zakoupeným zařízením bych bral jako orientační prověření správnosti chemického složení dle atestu materiálu. Jediné, co bych k této analýze navrhnul, a to že měřené vzorky nejsou uschovány pro případné reklamace ze strany zákazníka. Minimálně jeden vzorek z dané šarže svitku bych nechal skladovat z důvodu jednoduchého ověření v případě reklamace ze strany zákazníka.

3.3 Zkouška hlubokotažnosti dle Erichsena

Mezi vstupní kontrolu materiálu je zde zařazena i tahová zkouška, která je nedílnou součástí ověření tažnosti materiálu pro tváření vln. Je to základní nejrozšířenější zkouška vlastnosti materiálu a řadí se mezi deformační zkoušky. Tato zkouška je vhodná pro tenké plechy.

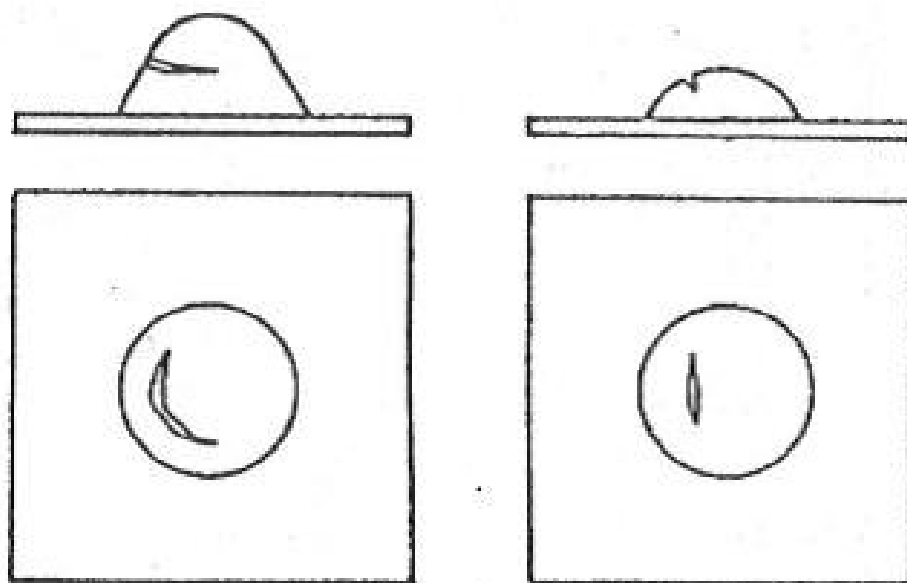
Jako zkušební vzorek je brán ustřižený plech z namotaného svitku. Zkouška probíhá tedy na ustřiženém vzorku plechu, který je uchycen ve zkoušecím stroji pomocí přidržovačů na průtažnici a následně kulovitým průtažníkem o průměru 20 mm, který působí ve středu vzorku a tlačí do něj. Vzorek je natahován až do meze deformace, která je viditelná na vytažené straně ve formě trhlinky.

Odpovídající prohloubení „h“ dané v milimetrech je měřítkem hlubokotažnosti.



Obr. 10 – Princip Erichsenovy zkoušky [5]

- Velikost prohloubení plechu h [mm]
- Tloušťka plechu t [mm]



Obr. 11 – Znázornění tvaru trhliny [5]

Na konci zkoušky se také hodnotí směr a hrubost povrchu důlku, což je ukazatelem vhodnosti zrna plechu.

Tato zkouška materiálu je určitě zapotřebí a je nedílnou součástí pro druh zpracování materiálu jako je ve firmě Witzenmann Opava. Zkouška slouží jako zaručené ověření tažnosti materiálu dle daného atestu materiálu.

Velká výhoda této zkoušky je její jednoduchost, nenáročnost a rychlost provedení. Naopak mezi nevýhody se řadí značný rozptyl výsledků v rámci zkoušky jedné jakosti plechu, nepodává informaci o anizotropii mechanických vlastností zkoušeného plechu. Při ručním zatěžování jsou naměřené výsledky do jisté míry ovlivněny obsluhou zařízení, protože hloubka „h“ je závislá na rychlosti a plynulosti posuvu tažníku. Dle ČSN ISO 20482 z roku 2004 je prohloubení plechu označováno parametrem IE [mm] [5].

3.4 Kontrola svaru defektoskopií – vířivých proudů

Na automatické lince vyrábějící trubky pro další zpracování je za svařovacím paprskem umístěna diagnóza svaru pomocí vířivých proudů. Měřicí sonda je zde nastavena do výšky „H“ [mm] cca do 1,5 mm nad housenkou svaru, záleží dle tloušťky svařovaného materiálu, který ovlivňuje tloušťku svaru, tedy celou tavnou lázeň.

Vířivé proudy jsou jednou z nedestructivních zkoušek materiálů. Fungují na principu elektromagnetické indukce. Jestliže vodičem např. měděnou tyčinkou prochází střídavý proud, vytváří se kolem něj elektromagnetické (dále ELM) pole. Velikost tohoto ELM pole ovlivňuje velikost protékajícího proudu. Jakmile se do blízkosti ELM pole dostane další elektrický vodič, pak se v tomto elektrickém vodiči bude indukovat elektrický proud.

Tato metoda může být využita pro širokou škálu měření:

- Měření vodivosti
- Měření tloušťky materiálu
- Zjišťování trhlin
- Měření tloušťky nátěrů

V případě firmy Witzenmann Opava je tolerance tloušťky svaru +30% tloušťky materiálu. Každopádně sonda vířivých proudů zde slouží jen k odhalení necelistvosti svaru ve formě trhlin či děr.



Obr. 12 – Příklady měřících sond vířivých proudů [6]

K sondě je dokoupeno zobrazovací zařízení ve formě monitoru, na kterém lze pozorovat průběh grafu znázorňující rychlost svařování a případné vady svařování.

Za měřicí sondou je na speciálním držáku upevněna nádoba s červenou barvou v případě nalezené neshody sondou. Část špatného dílu se automaticky pro okamžitou rozlišitelnost označí červeně, je označen jako NOK díl a následně z výroby vyřazen.

Tato diagnóza svaru je určitě ve firmě zapotřebí, jelikož odbourává možnost případného špatného nastavení svařování, což by mělo za následek trhliny ve svaru či případné vynechání svaru ve tvaru dírky, kdy by tato chyba měla nepřipustné následky pro celou výrobu, z důvodu přísných interních předpisů stanovených zákazníkem. Touto zkouškou se zamezí případným finančním škodám, které by se zjistily až v dalších operacích s dílem.

Před sondou vířivých proudů je začleněna kamera, jež je zaměřená na svarovou lázeň a která umožňuje kontrolu svarové lázně opticky. Obsluha se může jednoduše do svařovacího paprsku dívat přes kameru bez jakéhokoliv poškození zraku a případně upravovat svařovací hodnoty dle svarové lázně. Tato kamera je dle mého názoru na lince zbytečná, co se týče finanční stránky, jelikož obsluha nastavuje svarovou lázeň jen jednou, když se zavádí nový materiál jiné tloušťky či jiného složení, a proto se může obsluha podívat do svařovacího paprsku přes speciální sklo. Toto sklo je instalováno přímo u svařovacího paprsku a tím paprsek pohledově kryje z bezpečnostních důvodů.

3.5 Kontrola délky dílu

Na konci svařovací linky následuje dělení trubek na určitou délku danou dle aktuálního výrobního plánu. Délka dílu se pohybuje v rozsáhlé škále rozměrů až do 1000 mm délky. Obsluha vždy nastaví dělicí část linky na určitou délku dle výkresové dokumentace a linka už dále dělí trubku na jednotlivé kusy automaticky.

Automatické dělení trubky pracuje v tolerančním poli $\pm 0,1$ mm, proto je zde zavedena kontrola dílů obsluhou jen pomocí svinovacího metru, což v případě nenápadné poruchy automatického dělení lze svinovacím metrem jednoduše odhalit.

Shrnutím bych dodal, že tato metoda je rychlá, nenáročná a dají se namátkovou kontrolou odhalit případné chyby ať už v nastavení linky, či v případě její poruchy. Díly samy o sobě mají větší délkovou toleranci cca +3 mm i více, jelikož díl dále prochází operacemi ovlivňující celkovou délku kusu, a to tváření vln. Celková délka je tedy vždy větší o přídavek pro další zpracování a přesná míra je stanovená až po vytvarování vln, kdy konce trubky jsou upíchnuty na soustruhu. Pokud je dle požadavků zákazníka vyžadovaná větší přesnost délkové tolerance, díl se většinou před finální montáží v tomu určeném přípravku obřeže na přesnou míru. Tímto bych shrnul kontrolu svinovacím metrem jako přijatelnou a dostačující.



Obr. 13 – Příklad svinovacího metru [12]

3.6 Měření vnějšího průměru vyráběné trubky

Výroba trubky ve firmě probíhá na automatické lince. Způsob výroby trubky spočívá ve tvarování materiálu z namotaného svitku, který je ve formě pásu. Pomocí tvářecích válečků, kterými je poměrná část linky vybavena, je postupně pás tvarován do kruhovitěho tvaru v požadovaných rozměrech. Jakmile má tvářený materiál kruhovitý tvar odpovídající požadavkům, je následně zpracováván svářecí částí linky.

Na konci celé výrobní linky, kdy jsou díly řezány na výkresem danou délku a kontrolovány svinovacím metrem, probíhá četnější kontrola průměru vyrobené trubky. Jelikož žádný výrobní proces není bezchybný, tak i v tomto případě nastává výrobní odchylka průměru trubky z důvodu tváření materiálu z pásu. Z tohoto důvodu nemůže být kontrola průměru měřena např. posuvným měřidlem, či mikrometrem, jelikož kruhovitost trubky se pohybuje v tolerančním poli $\pm 0,1$ mm.

Obsluha měří průměr trubky měřícím páskem pro obvod a průměr, takzvaným cirkometrem, který zahrne do měření nerovnoměrnou kruhovitost trubky a ukáže obsluze největší možný naměřený průměr trubky. Používaný cirkometr měří v toleranci $\pm 0,05$ mm, takže měřidlo daným tolerancím vyhovuje, jelikož je o řád přesnější, než tolerance dané výkresem.



Obr. 14 – Ukázka měřícího pásku pro obvod a průměr – cirkometr [7]

Toto měření bych pro potřeby výroby hodnotil jako přijatelné. Obsluhu nijak dlouze nezdržuje, je přesné a dají se jím odhalit případné nesoulady s výkresovou dokumentací, každopádně bych se o toto měření v rámci kontroly dílu celkově „neopíral“, jelikož zde narůstá riziko pochybení lidského faktoru a měření může být zkresleno případnými nečistotami či nepozorností a nekvalitním provedením měření obsluhy. Díl bych určitě alespoň minimálně 3x za jednu pracovní směnu podrobil přesnějšímu měření např. na 3D měřícím přístroji, kde bych průměr dílu proměřil nejméně na třech místech délky a na každý průměr bych použil v nejnižším případě 15 doteků sondy s ohledem na průměr trubky pro přesné vyhodnocení kruhovitosti. Každopádně, pokud nejsou ze strany zákazníka stanoveny jiné specifické požadavky a aktuální postup je tolerován a zároveň je měření za dlouhodobého chodu firmy ověřeno jako funkční, z hlediska vytíženosti a finančních nákladů bych díl tak přesnému měření nevystavoval, pokud by tak již dříve nebylo stanoveno zákazníkem nebo upřesněnými tolerancemi na výkresové dokumentaci.

3.7 Kontrola převýšení svaru

Na odřezku hotové trubky je potřeba zkontrolovat převýšení svaru. Kdyby toto převýšení bylo moc vysoké, mohlo by ovlivňovat měření vnějšího průměru cirkometrem. Převýšení svaru z důvodu technologie výroby se pohybuje vždy nad nulovou hodnotou. Proto má obsluha při operaci jako pomocný technologický proces výroby na konci svařovací linky váleček, který má tvar rádiusu přibližujícího se rádiusu vyráběné trubky. Tento váleček je ustaven na vrchní straně trubky, kde je i housenka svaru na trubce, a v průběhu celého chodu linky se tento váleček odvaluje na samotném svaru trubky a přitlačným mechanismem převýšení svaru permanentně snižuje. Převýšení svaru „T“[mm] ve firmě je interními předpisy stanoveno na maximálně 30% tloušťky materiálu.

Samotné převýšení svaru je změřeno z celé tloušťky svaru. Tloušťka svaru je měřena obsluhou svařovací linky digitálním mikrometrem se speciálními doteky tomuto měření upravenými.



Obr. 15 – Ukázka digitálního mikrometru [9]

Toto měření bych hodnotil záporně. I když je měření snadné a relativně rychlé, tak i přesto je dle mého názoru zbytečné, jelikož na svařovací lince je umístěna sonda vířivých proudů pro kontrolu trhlin či děr ve svaru. Tato sonda, jak je popsána již v kapitole číslo 3.4, může měřit i tloušťku materiálu, takže nevidím z teoretického hlediska důvod, proč měření nezavádět právě na tuto sondu a odbourat případné měření mikrometrem. Obsluha bude mít více času na jiné úkony.

3.8 Pevnostní kontrola svaru

Na zhotoveném dílu z automatické linky pro výrobu trubek je díl podroben pevnostní kontrole svaru zkoušecí metodou vyboulení. Zkouška se řadí mezi destruktivní typy.

Dle přísných interních pravidel platí, že svarová housenka by měla mít větší pevnostní hodnoty než samotný svařovaný materiál. Proto při průběhu zkoušky nesmí být nalezeny žádné praskliny ve svarové housence ani v jejím okolí. Vždy by se měly při této zkoušce praskliny, případná pórovitost z důvodu boulení materiálu, či jakékoliv deformační znaky, projevit mimo samotný svar.

Dle interních předpisů také platí, že průměr vyboulení by měl odpovídat průměru 1,5x větším, než je průměr zkoušené trubky. Toto stanovení platí pro trubky do průměru 50 mm. Pro trubky průměru většího, než je 50 mm by měl odpovídat průměr vyboulení 1,4x větší, než je průměr zkoušené trubky.

Díly, které za směnu projdou touto zkouškou, jsou ponechány na pracovišti a na konci směny pracovník útvaru řízení jakosti (dále ÚŘJ) díly prohlédne, případně díly z nové šarže materiálu uschová. Do této zkoušky nejsou zaneseny výsledky průběhu napětí či pevnostní analýzy ve formě grafu, jelikož zkouška zde slouží jen pro vizuální zhodnocení, zdali je svar pevnější než samotný materiál.

Princip zkoušky:

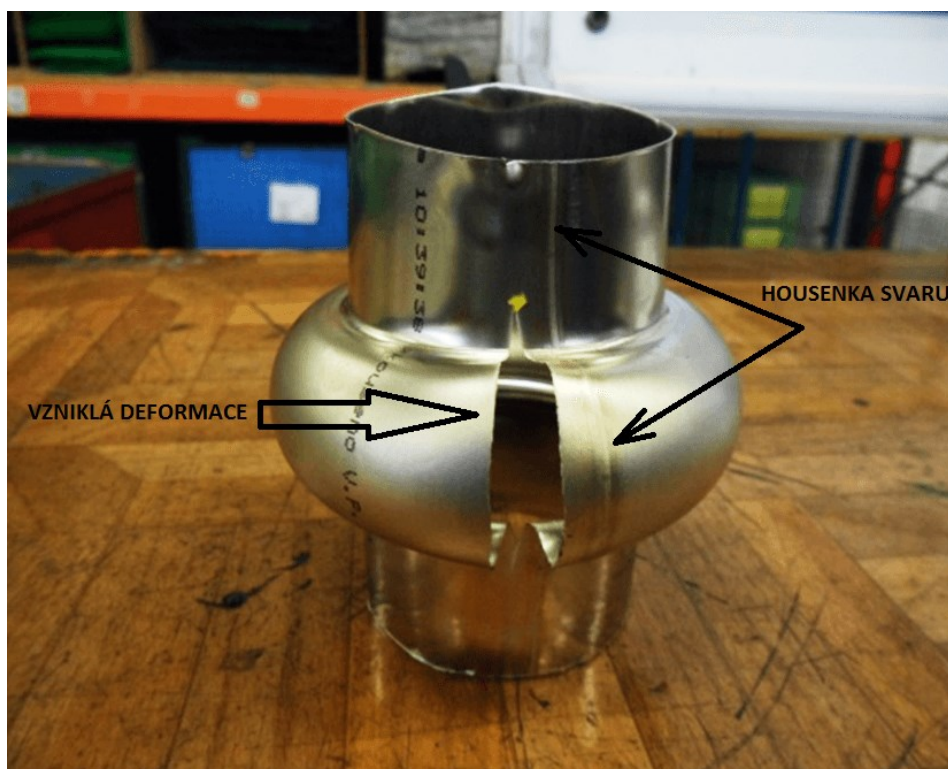
Celá zkouška je prováděna na hydraulickém ručním lisu. Zkoušený vzorek (trubka) je nasazen na speciální trn, který slouží jen jako přidržovač, ať se vzorek pod tlakem stroje nikde nevychýlí a má potřebný tvar deformace.

Jakmile je vzorek nasazen na trn, obsluha sníží desku lisu z horní úvrati směrem dolů ruční pákou a deska působí tlakem na zkoušený vzorek do doby, než jsou na vzorku viditelné deformace ve formě trhliny. Hydraulický lis není nijak zvláštně upraven lisovacím nástrojem, tedy na vrchní desce sloužící pro montáž vrchní části přípravku nic není a díl je stlačován samotnou upínací deskou.

Na spodní části lisu (na stole) je volně položena kulatina, sloužící ke zmenšení výšky pracovního zdvihu stroje a na ní jsou položeny pryžové kotouče sloužící k přidržení dílu se založeným trnem z důvodu náhodného vychýlení vzorku při působení tlaku.



Obr. 16 – Ukázka deformační zkoušky vyboulením na hydraulickém lisu [15]



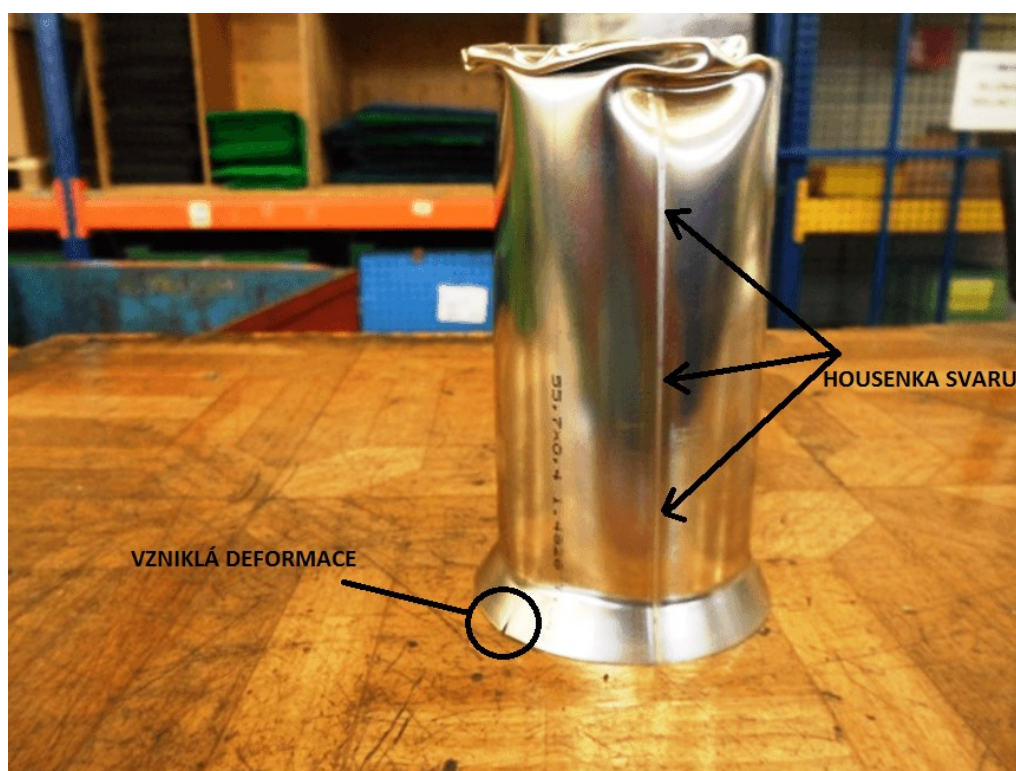
Obr. 17 – Ukázka deformace na vzorku způsobena vyboulením [15]

Pro potřeby této diplomové práce byly firmou Witzenmann Opava poskytnuty tyto fotografie (obr. 16 a 17) jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno jejich kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.

Zkouška je tedy v tomto případě jen vylučovací, a to buď že vzorek praskl v místě mimo svar, což značí dobrý kus, nebo vzorek praskl v místě svaru, což značí špatný kus a celý svařovací proces dílu se musí upravit a zpětně překontrolovat díly předešlé.

S touto zkouškou se spojuje i zkouška tzv. vyhrdlením, kdy je díl podroben tlakové zkoušce na stejném hydraulickém lise, jen je změněn trn, na který se díl nasouvá. Trn ve formě kužele je volně položen na spodní desku lisu a obsluha opětovně ruční pákou polohuje vrchní desku lisu směrem dolů. Díl je tedy tlačén vrchní deskou lisu na volně položený trn a lem trubky je tlakem deformován do tvaru kužele, tedy do tvaru trnu tak dlouho, než se projeví na vzorku deformace ve formě trhliny.

Deformace musí zase vzniknout mimo housenku svaru.



Obr. 18 – Ukázka deformace na vzorku způsobená vyhrdlením [15]

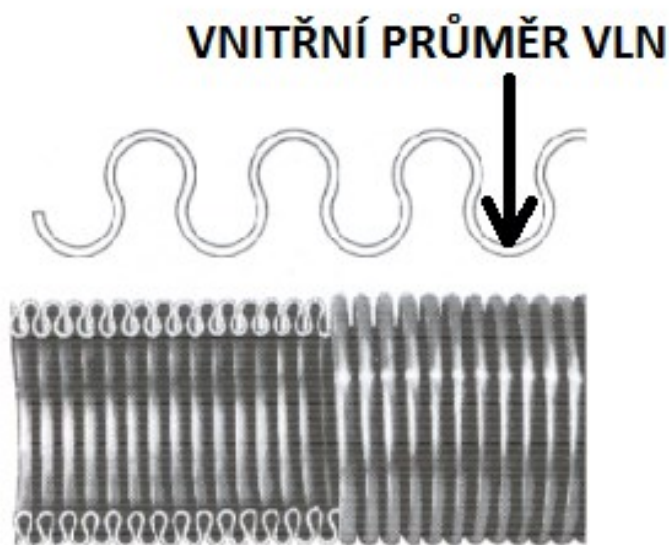
Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.

Celkově bych tuto deformační zkoušku hodnotil jako nedílnou součást výrobního procesu, jelikož výsledkem zkoušky je jednoznačný verdikt ve formě „OK“ či „NOK“ dílu a tento pak nadále není ničím vyvratitelný. Zkouška není nijak složitá, je rychlá, obsluhu časově nezatěžuje a především není možno tuto zkoušku obsluhou zfalšovat ať už špatným úmyslem, či pochybením lidského faktoru.

3.9 Kontrola profilu tvářených vln

V další pracovní operaci je díl vystaven tvářecí části, na jejímž konci se trubka stává vlnovcem. Výrobních postupů, jak vytvořit na trubce vlny, je mnoho, každopádně v tomto případě jsou vlny tvářeny v určitém bloku hydraulického stroje, do kterého se díl zasune a s upínacím cyklem se i utěsní konce trubky, jejichž prostřednictvím by mohla kapalina uniknout. Tento blok stroje tvoří speciální nástroj, který má potřebné tvary vln. Do upnutého dílu v nástroji je tlačena kapalina, jež růstem tlaku trubku tvaruje do tvaru nástroje, tedy potřebných vln dle výkresové dokumentace.

Kontrolu tvářených vln provádí obsluha stroje, která měří posuvným měřidlem vnější průměr vln. Toto posuvné měřidlo má speciálně upravené měřící doteky, které jsou broušené do tloušťky 2 mm, aby obsluha mohla jednoduše měřit i vnitřní průměr vln z venkovní části vlnovce, což je znázorněno na obrázku č. 19.



Obr. 19 – Ukázka pojmu vnitřního průměru vln [2]

Tento způsob kontroly vln je určitě zapotřebí z důvodu větší četnosti měření dílu, jelikož je měření posuvným měřidlem v tomto případě rychlé, nijak náročné a provádí jej obsluha stroje. Naopak v druhém případě kontroly tvářených vln je měření pomalejší z důvodu manipulace s dílem. Pro měřený vzorek musí přijít pracovník ÚŘJ a díl donést na své pracoviště, kde má sestavené speciální měřidlo, které je dle mého názoru neoptimálnější pro kontrolu tvářeného dílu.

Kontrola dílu je prováděna formou optického komparátoru, který pracuje na principu digitálního ofocení dílu a následném vyhodnocení formou kót. Při prvotním vzorkování dílů pracovník ÚŘJ vyráběný díl měřicím přístrojem ofotil a následně v programu na dané fotografii vytvořil křivky, které se sloučily s ofoceným dílem a tyto křivky potom byly v programu zakótovány dle výkresové dokumentace.

Jednoduchost v případě tohoto měřicího přístroje spočívá v tom, že v dalším měření stejného dílu pracovník ÚŘJ měřený díl vloží do pracovního prostoru stroje a přístroj si sám díl ofotí, přidělí dílu určené křivky a následně těmto křivkám přiřadí měřené kóty s reálnými hodnotami tvaru vln během pár vteřin.



Obr. 20 – Optický komparátor KEYENCE IM-7000 [8]

Závěrem bych tento způsob měření hodnotil pro firmu velmi přínosný nejen v měření tvaru vln, ale i jiných vyrobených či nakupovaných součástí. Měření je rychlé, snadné a velmi přesné. Výsledky se ukládají na pevný disk ve formě protokolů, které jsou dohledatelné se všemi podrobnostmi měření. Nevýhodou tohoto měření na úkor velké přesnosti je to, že obsluha přístroje (pracovník ÚŘJ) musí díl jak pečlivě ustavit, tak ho pečlivě i očistit, jelikož tento přístroj snímá i sebemenší nečistoty, které mohou měřicí proces a tím samotné výsledky měření zkreslit o případnou nečistotu, jelikož přístroj naprogramované křivky slučuje s fotografií nově měřeného dílu.

3.10 Kontrola délky oříznutého vlnovce

Vyrobený vlnovec dále prochází operací, ve které je na soustruhu upichován na danou délku dle výkresové dokumentace. Jelikož při tváření vln trubka mění svůj tvar, což se projeví především na samotné délce dílu, tak právě proto je počítán větší přídavek na délce dílu, který je později potřeba odstranit.

Délka celého vlnovce je potom kontrolována klasickým posuvným měřidlem, případně větší délky dílu (cca nad 1000 mm) je díl měřen svinovacím metrem.



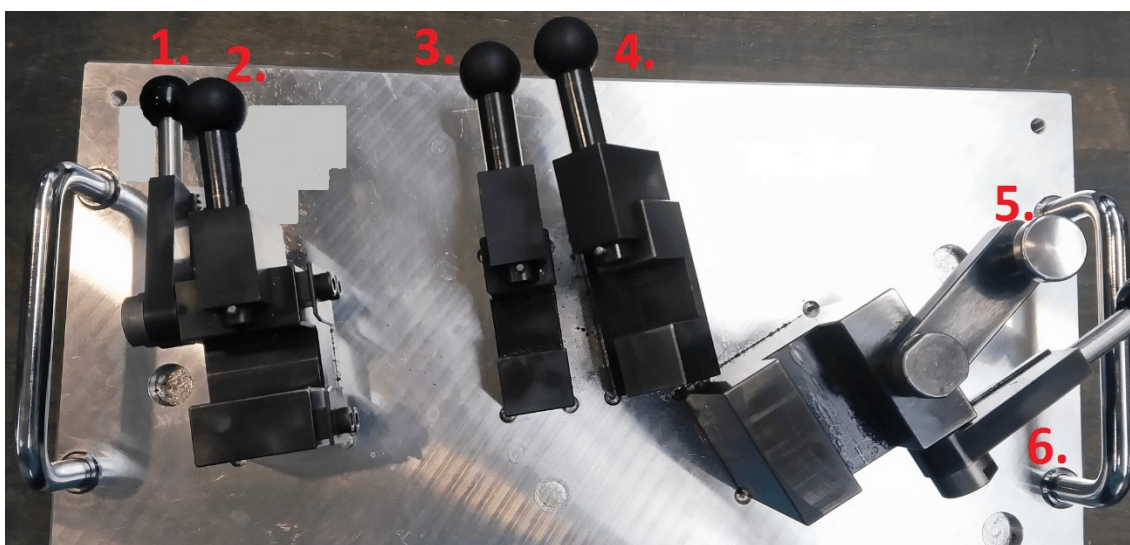
Obr. 21 – Ukázka posuvného měřítka [13]

Kontrolu bych hodnotil jako vhodnou pro výrobu, každopádně u měření je potřeba dbát na čistotu měřidla a samotného dílu, jelikož délku dílu mohou ovlivnit případné otřepy zbylé po obrábění. Takže celý proces měření délky závisí na dané obsluze, a proto bych k měření délky daného dílu sestavil jednoduchý přípravek, který může být nastavitelný pro různé délky, což je popsáno dále v kapitole 4.1, která se zabývá praktickou částí diplomové práce.

3.11 Kontrola geometrie trubky po ohnutí

Vlnovec dále pokračuje na ohýbací stroj, kde je následně díl ohýbán v rovných částech vlnovce, které nejsou vlnami tvarované. Díl má už z předešlé operace přesně stanovenou délku, jelikož po ohnutí trubky by bylo obtížné díl dále obřezávat.

Ke kontrole ohnutého dílu slouží kontrolní přípravek (dále jen KP), který je pravidelně proměřován a uvolňován do výroby pracovníkem ÚŘJ. Tento KP slouží k jednoduché kontrole geometrie dílu, která je tvořena na ohýbacím stroji, a ke kontrole celkové délky dílu.



Obr. 22 – Kontrolní přípravek geometrie a délky dílu [15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.

Popis funkčních částí KP:

- Páky číslo 1. a 6. jsou vyklápěcí a slouží jako kontrola celkové délky dílu, která už se nijak upravovat nebude. U páky č. 6 je k povšimnutí na spodní straně výstupku po celé délce kontrolní části páky. Tento výstupek se v případě dobré délky dílu musí o samotný díl zastavit a kontrolní páka by už neměla klesnout níže. Pokud by se páka o díl nezastavila, to by značilo, že je celková délka dílu kratší. Naopak část

páky bez výstupku musí s čelem trubky lícovat a nesmí se o něj zastavit. Pokud by se páka o díl zastavila v části, kde výstupek není, v tomto případě by byla celková délka dílu větší. Tento funkční princip platí i pro páku číslo 1.

- Posuvné kolíky číslo 2., 3., 4. slouží při zasunutí do zavřené polohy k měření geometrie ohybů. Kolíky se při zasouvání do zavřené polohy nesmí o díl zastavit, ani o něj zavadit. Pokud by k takovému případu došlo, tak je třeba upravit konfiguraci ohýbacího stroje, jelikož je díl špatně ohnutý.
- Páka číslo 5. je otočná na čepu a slouží ke kontrole celkové geometrie úplně stejným principem jako zasouvací kolíky číslo 2., 3. a 4.

Přípravek je konstruktéry spočítán a navržen tak, aby odpovídal tolerancím dle výkresové dokumentace a aby nebylo možné díl do přípravku vložit jinak, než je předepsáno.



Obr. 23 – Ukázka kontrolního přípravku v kontrolní pozici [15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.

Jakmile je díl obsluhou zkontrolován, obsluha zaznamená kontrolu dílu do náměrové karty, která je uvedena ve formě přílohy. Náměrové karty jsou principiálně všechny podobné, proto je v příloze uveden jen jeden příklad.

Tato příloha náměrové karty je majetkem firmy Witzenmann Opava, která byla poskytnuta pro potřeby této diplomové práce a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy.

Tato kontrola geometrie dílu je velmi přínosná. Kontrola je jednoduchá, rychlá a jsou v ní zahrnuty prvky metody „POKA – YOKE“ (zabránění neshod ve výrobním procesu), např. nemožností založit díl jiným způsobem. Dle mého názoru se v náměrové kartě z hlediska správnosti údajů a údajů potřebných k dohledatelnosti náměrů nachází vše potřebné. Jediné, co bych považoval za zmínku hodné, jsou případné nečistoty ve formě špon či jiných usazenin na kontrolním přípravku, které se časem určitě vyskytnou. Na tyto nečistoty bych kladl důraz z hlediska upínání dílu do kontrolního přípravku. Každopádně už z fotografie kontrolního přípravku jde vidět jeho čistota, takže je předpoklad, že firma o své přípravky dbá a takovému případu se snaží vyvarovat.

3.12 Kontrola kvality odmaštění

Z důvodu kovových nečistot a mastnoty při předchozím obrábění dílu musí projít díl další pracovní operací, a to pracím cyklem. Kdyby díl pracím cyklem neprošel, tak případné nečistoty a hlavně mastnoty dílu by mohly ovlivnit operaci, kdy je na díl nanášena měděná pájecí pasta. Kovové nečistoty by mohly proniknout pod pájecí pastu a kvůli případné mastnotě by pájecí pasta nemusela na povrch dílu tak dobře přilnout, jako u čistého dílu

Zda je mycí cyklus v pořádku a kusy jsou dostatečně odmaštěny, je ověřováno pomocí speciální fixy pro určení povrchového napětí na zkoušeném materiálu, ať už je to plast, či kov.

Princip fixy spočívá v teorii povrchového napětí na vzorku. Při odmašťování jsou nejdůležitější děje, k nimž dochází na stykové ploše dvou fází. Molekuly uvnitř každé látky se navzájem přitahují stejnou kohezní silou, takže jsou energeticky v rovnováze. Naproti tomu na povrchové molekuly působí tato kohezní síla pouze směrem dovnitř látky, kdežto v opačném směru se uplatňují síly, jimiž na povrchové molekuly působí druhá fáze, s níž je látka ve styku. Tím se dostává povrch každé látky do určitého

napětí, které při styku kapaliny nebo tuhé látky se vzduchem nazýváme „povrchové napětí“ [10].

Při nízkém povrchovém napětí kapalina tuhou látku nesmáčí, nýbrž zůstane ve formě tuhých kapek na povrchu. Ke smáčení dojde teprve tehdy, když se toto napětí zvýší [10].



Obr. 24 – Ukázka fixy na mastném a čistém povrchu [10]

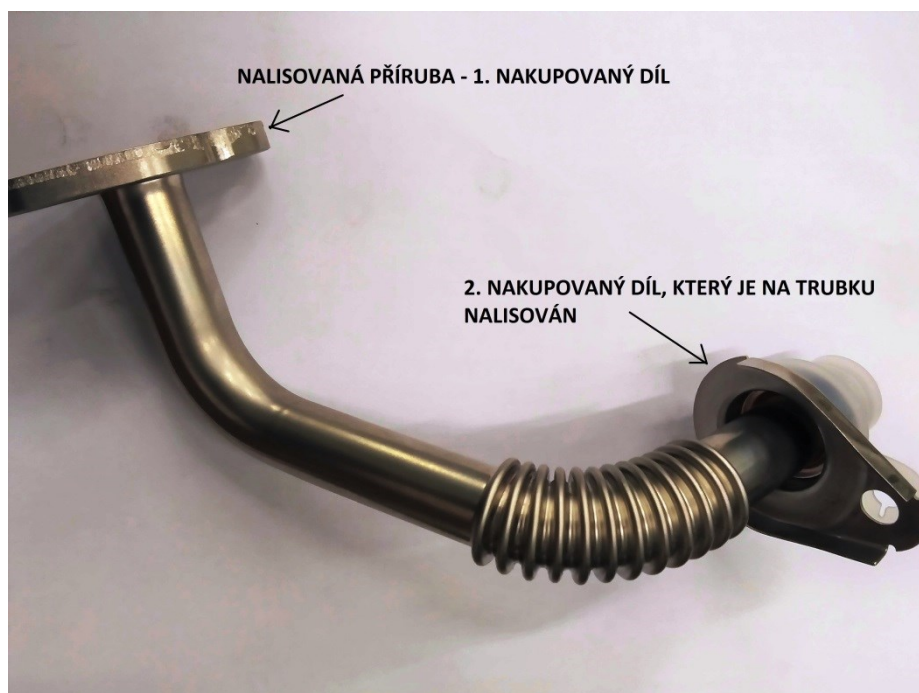
Tato zkouška mastnoty pomocí fixy dle mého názoru je dostačující, pokud není zákazníkem stanoveno jinak, jelikož jsou už dnes přesná zařízení pro kvalitnější stanovení mastnoty povrchu, kdy měřicí zařízení dokáže vyhodnotit i rozbor složení povrchových nečistot. Měření je snadné, rychlé a je ověřeno svou funkcí.

3.13 Kontrola předmontáže dílu

V této operaci je ohnutý díl kompletován do finální podoby, kdy jsou na díl namontovány kupované díly od externího dodavatele. Tato montáž celkové sestavy je prováděna na stroji tomu určenému. Kupované díly jsou na ohnutou trubku nalisovány s určitým přesahem, který zabrání samovolnému pootočení či posunutí dílu. Proto musí obsluha dbát na vhodnou manipulaci s dílem, aby nedošlo k případné změně pozice nalisovaných dílů.

Kontrola této sestavy probíhá na kontrolním přípravku, na kterém je kontrolována pozice a případné natočení kupovaných dílů. Kontrolní přípravek je z funkčního hlediska úplně stejný jako přípravek kontrolující geometrii a délku ohnutého dílu. Rozdíl spočívá pouze v tom, že je zde díl ustaven za nalisovanou přírubu a druhý,

nalisovaný díl je kontrolován délkovou pozicí a zasunutím kontrolního kolíku do otvoru v dílu.



Obr. 25 – Zobrazení dílu, na kterém jsou nalisovány nakupované díly [15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.

Kontrola předmontáže dílu je dle mého názoru vyhovující, na kontrolním přípravku byly rovněž vidět prvky „POKA – YOKE“. Kontrola je rychlá a nijak složitá. Fotografie kontrolního přípravku nebyla k dostání z důvodu přísných interních předpisů firmy Witzenmann Opava spol. s r.o.

3.14 Kontrola vhodného nanesení pájecí pasty

V další operaci, která spočívá v nanesení pájecí pasty a samotném spájení kompletního dílu, není nijak kontrolována vrstva pájecí pasty a kvalita celého pájeného spoje. Tato část kontroly je rozebrána až ve 4. kapitole diplomové práce, která pojednává o možnostech rozšíření kontrolní činnosti. Špatné nanesení pájecí pasty a

tím i špatného pájeného spoje by totiž mělo nepřipustné důsledky v další manipulaci s dílem a to v nejhorším případě montáží na samotný přístroj u koncového zákazníka.

3.15 Finální kontrola zhotoveného dílu

Nejdůležitější částí z hlediska řízení jakosti je konečná kontrola zhotoveného dílu. Kontrola celkové sestavy probíhá v kontrolním přípravku, který je namontován na speciální stroj (obr. 27) ovládající namontovaný KP.

Před založením dílu do kontrolního přípravku má obsluha stroje vedle sebe speciální přípravek, ve kterém se díl ručně ohne ve vlnách (obr. 26). Tato operace ohnutí je pak kontrolována také na konečném kontrolním přípravku.



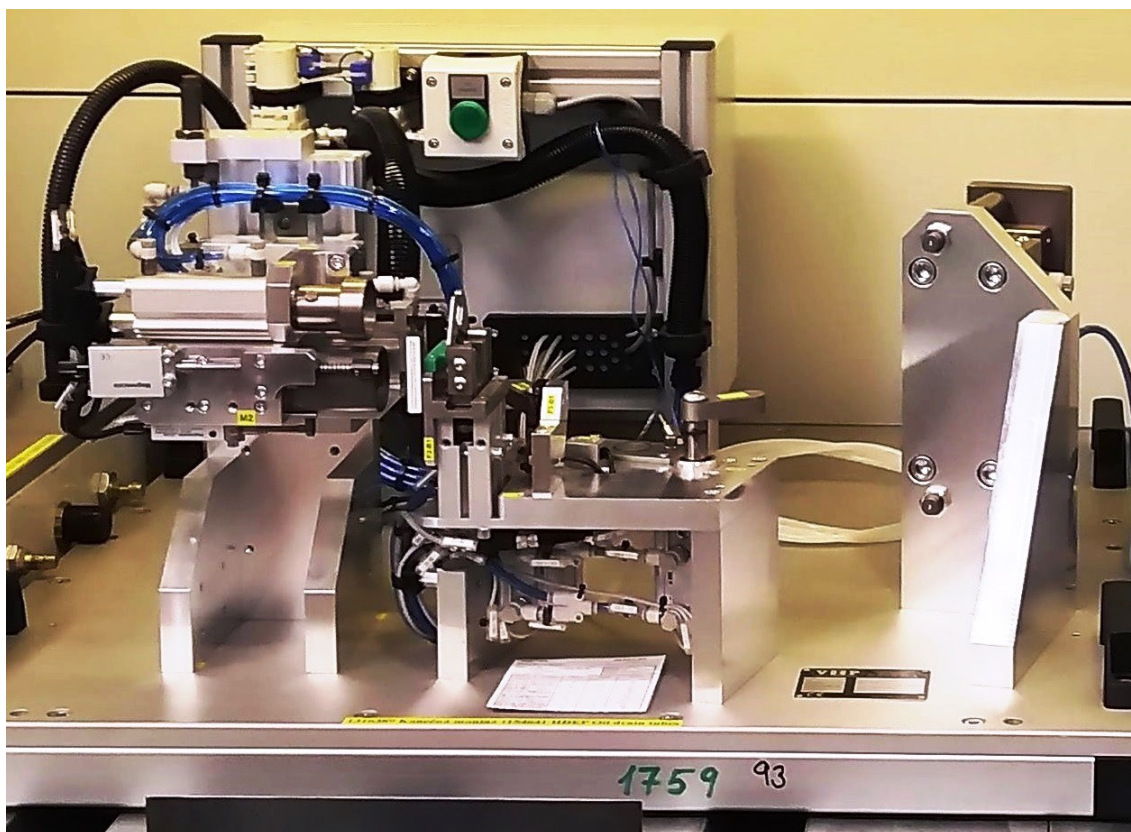
Obr. 26 – Zobrazení ohybu ve vlnách [15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.



Obr. 27 – Stroj určený pro finální kontrolu zhotoveného dílu [15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.



Obr. 28 – Kontrolní přípravek finálního výrobku [15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.

Kvůli přísným interním předpisům není možné doložit detailnější fotografie, které by blíže specifikovaly způsob kontroly finálního dílu.

Kontrola spočívá v založení zhotoveného dílu do speciálního kontrolního přípravku (obr. 28), ve kterém je kontrolována celková geometrie dílu a je prováděna tlaková zkouška, která zkouší pevnost pájených spojů.

Popis kontrolního cyklu v přípravku:

- Obsluha založí zhotovený díl do kontrolního přípravku a následným spuštěním procesu stroj, ve kterém je kontrolní přípravek namontován, díl upne.
- Po upnutí dílu následuje celková kontrola geometrie dílu.
- Pokud je geometrie dílu v pořádku, tak proběhne tlaková zkouška dílu. Do dílu je vpouštěn vzduch, kdy díl musí ve stanoveném časovém intervalu vydržet předepsaný tlak s předepsaným minimálním unikem vzduchu.

- Jakmile jsou tyto dvě zkoušky provedeny a stroj vyhodnotí zkoušky jako úspěšné, popisovací jehla, která je součástí zkoušecího stroje, díl popíše, což je bráno jako 100% zkontrolovaný díl, který je v pořádku.

Závěrem bych tuto finální kontrolu hodnotil jako vyhovující a spolehlivou, až na pár výtek, kterým se však budu věnovat v praktické části diplomové práce. Měření jednoho dílu díky množství operací je časově náročnější, v řádu zhruba 40 sekund, a proto má obsluha dost času díly ohýbat ve vlnách a chystat pro finální kontrolu. Samotné výsledky měření jsou ukládány do interního uložení stroje vykonávajícího finální kontrolu, takže jsou v případě potřeby snadno dohledatelné.

3.16 Kontrola čistoty dílu

V poslední řadě se provádí na základě specifikací VD či požadavků zákazníka zkouška čistoty dílu z hlediska kovových částic, což by byl největší problém v případě dílů, které jsou součástí spalovacího motoru.

Tato zkouška spočívá v přezkoumání čistoty celého dílu od případných kovových částic, větších špon apod. propláchnutím hotového dílu speciální kapalinou, která následně po propláchnutí dílu proteče filtrem. Speciální filtr zachytí nečistoty velikostně určené jemností filtru. Po dokončení proplachu zhotoveného dílu je filtr opatrně ze stroje odebrán a je vysušován po stanovenou dobu dle interních předpisů. Tento filtr je dále pozorován pod mikroskopem, kterým jsou zkoumány velikosti případných kovových nečistot.

U této zkoušky jsou vyhodnocovány dva způsoby výsledku, které si určuje sám zákazník, pokud zkoušku čistoty dílu vyžaduje. Zkouška se vyhodnocuje buď hmotností „m“[g] nečistot ve filtru, kdy je před počátkem zkoušky přesně zvážena čistý filtr a následně po zkoušce filtr projde sušícím cyklem a znovu zvážena s nečistotami. Druhá verze zkoušky, která je už uvedena v odstavci výše, spočívá v přezkoumání velikosti a počtu kovových nečistot pod mikroskopem.



Obr. 29 – Mycí box značky Hydac [11]

Závěrem bych tuto zkoušku hodnotil jako přínosnou nejen pro firmu, ale konečně pro všechny subjekty v dodavatelském řetězci. Zkouška je dle mého názoru v tomto odvětví nepostradatelná a rozhodně bych zkoušku prováděl častěji, než zákazník požaduje, jelikož je firmě jejím prostřednictvím dodávána jistota správnosti všech předešlých operací ohledně čistoty celého dílu a v případě možných reklamací by byla provedená zkouška dohledatelná uschovaným vzorkem, čímž by firma byla kryta případnému napadení.

4. Návrh možnosti rozšíření kontrolní činnosti

Tato část diplomové práce bude věnována části, zabývající se možným rozšířením kontrolní činnosti. Tato praktická část se bude zabývat všeobecným pohledem na případné nedostatky řízení jakosti ve firmě Witzenmann Opava a návrhem zlepšení v daných operacích kontroly. Jelikož všeobecně platí pravidlo v jakémkoliv systému operací, kde zasahuje lidský faktor, je potřeba počítat s chybami. Proto není někdy snadné vyvarovat se všem chybám v systému pracovních operací a tyto chyby stoprocentně eliminovat.

4.1 Zhodnocení pracovních operací v řízení jakosti

4.1.1 Měření vnějšího průměru vyráběné trubky

- Návrh změny kontroly související s kapitolou 3.6

V této kontrole zabývající se průměrem trubky bylo zarážející, že firma nijak důkladněji neprověřuje kvalitu vyrobené trubky z hlediska její kruhovitosti či válcovitosti. Jelikož nakupované díly, které jsou v pozdějších operacích na trubku montovány formou nalisování s přesahem, je potřeba mít jistotu již v počátcích vyráběného produktu, že nalisování bude držet alespoň na 60% obvodu trubky. Pokud by nalisovaný díl na trubku držel například jen v místě svaru a na protilehlém bodu, protikus by nebyl řádně fixovaný a mohlo by dojít ke změně polohy protikusu, což by bylo nežádoucí.

Tvarovací válečky na automatické lince vyrábějící danou trubku časem mění svůj tvar. Dle mého názoru použité měřidlo (cirkometr) takový fakt nezjistí a změří jen největší možný průměr trubky. Proto bych vyráběnou trubku alespoň 1x za směnu měřil na 3D měřicím přístroji, kde bych průměr dílu proměřil nejméně na třech místech délky a na každý průměr bych použil v nejnižším případě 15 doteků sondy s ohledem na průměr trubky pro přesné vyhodnocení kruhovitosti či válcovitosti. Záznamy měření z měřicího přístroje se dají uschovat ve formě protokolů na server firmy.

Následně by se z těchto protokolů dala během sledovaného období, například 6 měsíců, udělat statistika stability procesu, kde by bylo jasné vidět z měnících se hodnot kruhovitosti či válcovitosti, zda jsou tvarovací válečky opotřebovávány, a předejít tak případným interním neshodám.

4.1.2 Kontrola převýšení svaru

- Návrh změny kontroly související s kapitolou 3.7

Tato kapitola se zabývá měřením převýšení svaru na zhotovené trubce, které by nemělo přesáhnout 30% tloušťky materiálu, ze kterého je trubka vyráběna. V kapitole 3.4 (kontrola svaru defektoskopií – vířivých proudů) byly již zmíněny výhody sondy fungující na principu vířivých proudů, co všechno je sonda schopna za provozu měřit.

Tato metoda může být využita pro širokou škálu měření:

- Měření vodivosti
- Měření tloušťky materiálu
- Zjišťování trhlin
- Měření tloušťky nátěrů

Z tohoto hlediska, kdy je sonda schopna měřit i tloušťku materiálu, považuji kontrolu převýšení svaru jako zbytečnou. Obsluha by bez tohoto měření měla čas na jiné, potřebnější úkony. Odstranila by se tak operace, kdy obsluha musí převýšení svaru měřit, hodnoty zapisovat do měrového protokolu a dbát na správnost měření. Jako největší výhodu této změny bych považoval právě odstranění lidského faktoru v měření a naměřená data by byla snadno viditelná na obrazovce spojené se sondou.

4.1.3 Kontrola profilu tvářených vln

- Návrh změny kontroly související s kapitolou 3.9

U tohoto způsobu kontroly tvářených vln by mělo být, dle mého názoru, poukázáno také na kontrolu vnitřního průměru vln. I přesto, že jsou vlny kontrolovány na optickém měřicím přístroji, který dosahuje velké přesnosti, jsou stále měřeny vlny na trubce jen zvenčí.

I když by měla tloušťka materiálu ve vytvořených vlnách zůstat konstantní, přes to bych do procesu kontroly zavedl jednoduchý kalibr, který by měl uzpůsobené tolerance dle VD pro vnitřní průměr vlnovce. Obsluha by jednoduše kalibr porovнала s vnitřním průměrem vln a byla by tak potvrzena jistota správnosti tvaru vln z hlediska VD.

4.1.4 Kontrola délky oříznutého vlnovce

- Návrh změny kontroly související s kapitolou 3.10

K této kapitole bych měl poznámku z celkového hlediska měření délky zhotoveného oříznutého vlnovce. Jelikož je tato operace poslední, u které se dá změnit celková délka dílu, měření bych zavedl praktičtější a snadnější. Měření posuvným měřítkem je sice přesné, ale musí se naproti tomu dbát na čistotu měřidla a hlavně na způsob, jakým je díl měřen. Obsluha nemusí být natolik zručná a spolehlivá, aby danou míru dle VD dokumentace změřila správně. Například pokud se pracovní směna blíží konci, obsluha může být znavena a její nepozornost může ovlivnit samotné měření.

Proto bych do procesu řízení zavedl jednodušší měření ve formě kontrolního přípravku. Kvůli širokému výrobnímu portfoliu dílů a tím i samotných délkových rozměrů dílů by byl přípravek uzpůsoben tak, aby se na každou výrobu, každou délkovou míru dal přizpůsobit. Funkčně by odpovídal způsobu, na kterém je založen přípravek na fotografii č. 22, přesněji jen funkční princip naklápěcích pák, které stanoví délku dílu.

Jeden podstavec, přidržující samotný díl by byl zafixován pevně k desce kontrolního přípravku a splňoval by tak i počáteční doraz pro díl. Druhá podpěrná kostka pro díl by měla na sobě připevněnou naklápěcí páku s tolerančním polem délky dílu, kdy by u této páky byla možná výměna v případě jiného tolerančního pole stanoveného dle VD. Celá tato kostka by byla na kluzném pojezdu s upínacím mechanismem, který by umožňoval při nastavení nové výroby změnit i kontrolovanou délku přípravku. Návrh kontrolního přípravku je znázorněn níže na obr. č. 30. Měřený díl by se tak jen položil do přípravku, což by obsluze umožnilo okamžitou identifikaci NOK dílu a následné zastavení výroby či upravení jejich parametrů.

4.1.5 *Finální kontrola zhotoveného dílu*

- Návrh změny kontroly související s kapitolou 3.15

K této operaci bych měl jednu výtku, a to z hlediska upínání dílu do kontrolního přípravku. Jelikož je díl sám o sobě flexibilní a poddajný, může se jeho celková geometrie lišit v řádu i milimetrů. Kontrolní přípravek na finální kontrole díl upíná silou 50 Newtonů a tím je geometrie dílu nepatrně ovlivněna, pokud díl není z geometrického hlediska ztotožněn s KP. Proto tady vidím veliký problém z hlediska prokazování kvality dílu na 3D měřicím přístroji a případné tvorbě statistiky ohledně stability pracovního procesu. Jelikož je díl ovlivňován upínací silou, která na 3D měřicím přístroji nasimulovat nejde, tak se geometrie dílu, který není touto silou ovlivňován, nemůže shodovat s geometrií dílu upnutého v KP.

Každopádně, koncovému zákazníkovi vyhovují ukládané hodnoty z finální zkoušky v KP. Avšak musím podotknout, že mi není zcela jasné, jak ve firmě mohlo dojít ke schválení vzorkování dílů, když přihlédneme k faktu, že dle standardů VDA jsou ke každému vzorkování potřeba doložit měrové protokoly daného dílu a následně doložit statistická data znázorňující a potvrzující stabilitu výrobního procesu.

4.2 *Kontrola vhodného nanesení pájecí pasty a tím i celistvosti pájeného spoje*

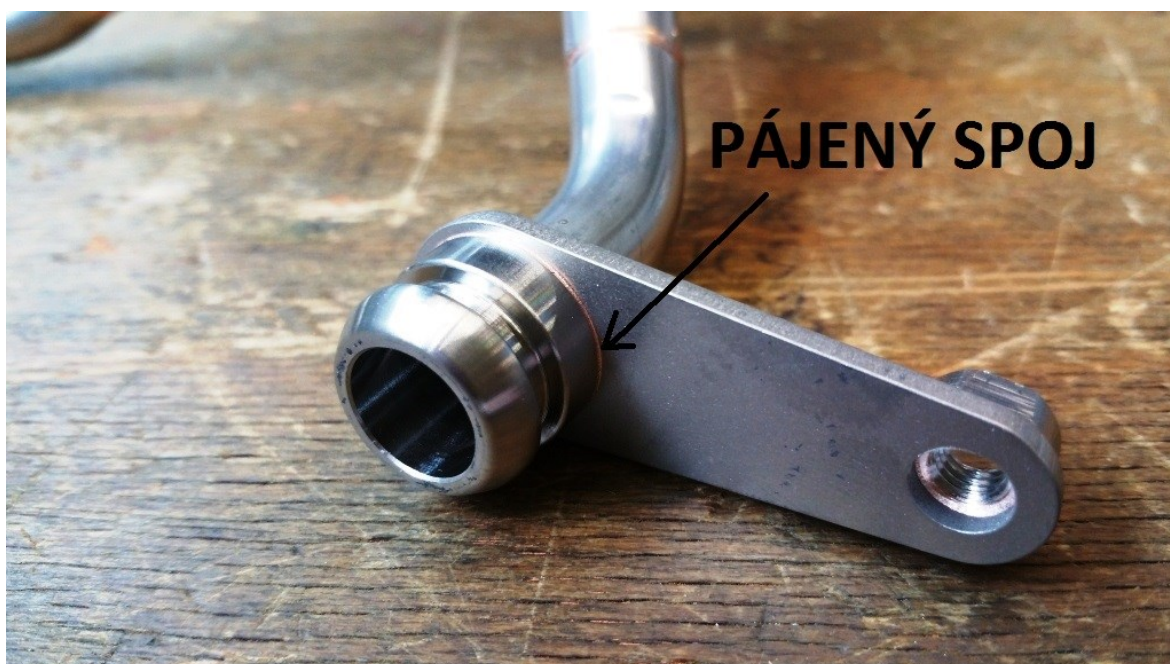
- Návaznost na kapitolu 3.14

V této kapitole byl zjištěn zarážející fakt z toho hlediska, že tato operace není nijak detailně kontrolována. Obsluha u pájecí pece nanese pájecí pastu na místa tomu určená a uloží díly na dopravní pás, který prochází pájecí pecí, v níž se namontované součásti dále spájí v nerozebíratelný spoj. Nanesení pájecí pasty je tak nedílnou součástí kvality pájeného spoje, což ovlivňuje jak pevnost spoje, tak výslednou tlakovou zkoušku.

Firma Witzenmann Opava se v případě dotazů od koncového zákazníka na případnou kontrolu pájené vrstvy opírá právě o finální kontrolu, kde je díl podroben tlakové zkoušce, která by měla odhalit netěsnost spoje zapříčiněnou právě špatným

nanesením pájecí pasty. Avšak v široké škále vyráběných druhů dílů ve firmě se nachází i druh dílu, na kterém je právě 7 míst, na něž je pastu potřeba nanést.

V takové situaci je velký předpoklad toho, že obsluha může v takovém kvantu dílů zapomenout pájecí pastu nanést, byť pouze na jedno místo, a tím způsobit nemalé škody. Právě tato situace se stala v reklamaci, která je zmíněna v odstavci níže. Vrstva nanesené pájecí pasty se tedy kontroluje jen vizuálně a tím, že měděná pasta má barvu zlatavě hnědou, což tvoří kontrast mezi barvou dílu (stříbrná) a barvou pasty, který je pouhým okem řádně viditelný, jak je ukázáno níže na obr. č. 31.



Obr. 31 – Ukázka kontrastu barev pájecí pasty s dílem [15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.



Obr. 32 – Ukázka nanesené měděné pájecí pasty [15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.

Zmíněná reklamace byla poukazována na složitější díl, kde bylo potřeba na díle pastu nanést na 7 míst, jak už bylo zmíněno v odstavci výše. Obsluha samozřejmě zapomněla na jedno místo pastu nanést. Finální kontrola, o kterou se firma opírá v případných reklamacích, či dotazech od koncového zákazníka nebo auditorů, tuto chybu neodhalila, jelikož díl, který byl na protikus nalisován, měl velký přesah, a tím pádem protikus na trubce držel tak silně, že vydržel i tlakovou zkoušku bez pájeného spojení. Jednalo se o nalisovaný kroužek na vnější průměr trubky, který měl na svém vnějším obvodu zhotovený závit. Shrnutím, díl byl tedy expedován ke konečnému zákazníkovi s domněním, že je 100% v pořádku, i když jeden z montovaných dílů nebyl s trubicou spájen.

Následnou odpovědí na reklamaci byl navržen kontrolní postup, který tuto situaci podchytí a ta by se neměla nadále opakovat. Vedení tak přistoupilo ke konečnému řešení situace tím, že se bude kontrolovat jen to jedno místo, kde se stala výše zmíněná chyba. Řešení spočívalo v nainstalování kamery snímající kontrast barev, která byla umístěna do kontrolního přípravku finální kontroly.

Tato situace už dále vylučuje opakovatelnost chyby, avšak se zase dostáváme k tomu pohledu, že vrstva pájecí pasty je kontrolována jen na přítomnost samotné pasty a to jen v místě předešlé chyby.



Obr. 33 – Ukázka průmyslových kamer [14]

Toto řešení považuji jako nevhodné, jelikož kamera snímá jen to jedno chybové místo a zbylých 6 spájených částí prochází zase jen tlakovou zkouškou, kde se může odehrát stejný případ. Samozřejmě z finančního hlediska by pro firmu bylo nepřínosné instalovat kamerové systémy do všech míst, kde se nachází pájecí pasta. Toto řešení by bylo nepřínosné jak z nákladového hlediska, tak místy i z praktického hlediska, jelikož v kontrolních přípravcích není tolik místa pro kamery a viditelná dostupnost pájených spojů je také místy obtížná a byla by potřeba KP konstrukčně upravit. Nehledě na to, že takové finanční ztráty by se odehrávaly na jednom díle z mnoha druhů dílů, kde by tato kontrola byla potřeba.

Firma Witzenmann Opava také zvolila možnost kontroly pájeného spoje u externího dodavatele, což dokládá k tlakovým zkouškám. Kontrola u externího dodavatele spočívá v rozřezání pájeného spoje a kontroly nanesené vrstvy pod mikroskopem. Tuto možnost kontroly také považuji za nedostačující, jelikož u finální kontroly jsou kontrolovány všechny vyrobené kusy, tzn., že každý díl prochází 100% kontrolou. Každopádně kontrola není 100%, je-li celistvost spoje kontrolována v malých časových intervalech, jelikož zkouška probíhá u externího dodavatele, a to v případě maximálně dvou zhotovených dílů.

Z důvodů malých časových intervalů kontroly vrstvy pájeného spoje firma došla k závěru, že se budou snažit tuto kontrolu rozřezáním dílu a sledováním vrstvy pod mikroskopem provádět samy a v této době se snaží proces kontroly zapustit do výroby.

Avšak další nevýhodou této kontroly je nepoužitelnost dílu pro další operace u koncového zákazníka, jelikož zkouška je deformační a dle mého názoru touto zkouškou není možné zjistit celistvost vrstvy po celém obvodu trubky a délce protikusu, což je případ u dílu, kterým se tato diplomová práce zabývá. Pro názornou ukázkou je na obr. č. 34 znázorněno místo, na něž musí být pájecí pasta rozlita po celé délce a obvodu dílu. Z fotografie je jasně vidět, že i pokud si firma pájený spoj rozřeže například na 5 částí, stále není schopna odhalit místo, kde může být zrovna celistvost spoje narušena.



Obr. 34 – Názorná ukázkou délky protikusu a problematiky zjištění spájené vrstvy
[15]

Pro potřeby této diplomové práce byla firmou Witzenmann Opava poskytnuta tato fotografie jen jako ilustrační příklad a je přísně zakázáno její kopírování bez řádného souhlasu firmy Witzenmann Opava.

Závěrem bych tuto situaci hodnotil jako jednoduše řešitelnou, a to pro všechny druhy vyráběných dílů měřicím zařízením, které bude zkoumat celistvost pájených spojů a tím i přítomnost pájecí pasty. Toto zařízení by pracovalo na principu RTG záření a bylo by umístěno právě na místě, kde vyjíždí zhotovené díly po dopravním pásu z pece. Tento vstup do pracovního procesu kontroly by odboural všechny případné dotazy ohledně kontroly ze strany zákazníka i auditorů a předešlo by se tak situacím, které mohou nastat vlivem špatného nanesení pájecí pasty či úplné anonymity pájecí pasty.

5. Doporučení pro další provoz v oblasti výstupní kontroly

Provoz v oblasti výstupní kontroly má firma Witzenmann Opava spol. s r.o. principiálně v pořádku z toho hlediska, že se dokáže ubránit případným dotazům ze strany zákazníka. Díl je na finální kontrole podroben kontrole celkové geometrie a tlakové zkoušce, která je určena k zajištění vhodnosti nanesené pájecí pasty a tím i správnosti pájeného spoje. Tyto dvě kontroly jsou na díle nejdůležitější, jelikož celková geometrie je dána VD, která má specifikované tolerance, jenž musí být dodrženy a díl musí z funkčního hlediska vydržet předepsaný tlak uvnitř dílu. Z obecného hlediska je kontrola v pořádku, jelikož stroj plní funkci dvou zmíněných kontrol a dokáže případné chyby v geometrii či tlakování odhalit. KP výstupní kontroly jsou dle interních předpisů kalibrovány v časových intervalech a jejich kalibrace je potvrzena kalibrační známkou.

Z detailnějšího hlediska bych pro další provoz v oblasti výstupní kontroly doporučoval kontrolní cyklus upravit tak, aby celková geometrie dílu nebyla ovlivňována upínací silou 50 Newtonů. I když je tato odchylka ze strany zákazníka schválena, dle mého názoru upínací síla může špatný díl snadno ovlivnit a to především v ohybu tvořeného vlnami, kde je díl nejvíce flexibilní. Tuto chybu by odhalil 3D měřicí přístroj, který tuto upínací sílu nasimulovat nedokáže a díl by byl měřen v takovém tvaru, jakému ve skutečnosti odpovídá. Díl bych tedy před operací finální kontroly vložil do kontrolního přípravku, který by byl obdobný KP pro ohyb dílu a předešlo by se případnému ovlivnění geometrie dílu. Každopádně z hlediska časového a finančního firma ponechá výstupní kontrolu geometrie tak, jak je už zavedeno, jelikož upínací síla 50N je zákazníkem schválena a další přidaná operace, která by kontrolovala geometrii dílu bez upínací síly, by byla časově ztracená.

Mezi hlavní doporučení pro další provoz v oblasti výstupní kontroly bych řadil kontrolu celistvosti pájeného spoje, která úzce souvisí s výstupní kontrolou, i když by se tato kontrola řadila mezi předešlé operace. Tuto kontrolu, zmíněnou v kapitole 4.2 bych doporučoval zavést do pracovních operací z hlediska zabránění případných reklamací ze strany zákazníka, jak již bylo v kapitole 4.2 zmíněno. Zavedením této kontroly do pracovního procesu by pro firmu mělo další kladný aspekt ze strany zákazníka a to v celkovém hodnocení zpracování v oblasti celkové kontroly.

6. Závěr

Účelem této diplomové práce byla technická diagnostika procesu řízení jakosti s ohledem na případné zlepšení celkového postupu při prokazování kvality flexibilních dílů ve firmě Witzenmann Opava spol. s r.o. Praktická část diplomové práce pojednává o celkově důležitých faktech, které by byly potřeba do celého procesu prokazování kvality zavést, což by firmě ušetřilo časové ztráty a hlavně by firma mohla dále vyrábět díly s jistějším vědomím dobré kvality dílu bez případných reklamací.

V první kapitole je popsána historie firmy s nynějším stavem rozvoje ve výrobě flexibilních dílů, ať už pro automobilový či jaderný průmysl. Dále je v práci analyzována problematika flexibilních dílů s detailním popisem části obecného flexibilního dílu.

Následující úsek přináší informativní shrnutí portfolia dodávaných koncových výrobků s ohledem na užívané výrobní postupy. S touto kapitolou souvisí detailní popis jednotlivých kontrol dílu ve výrobních operacích určených technologickým postupem. Tyto operace kontroly jsou dále rozebrány s ohledem na případné zlepšení celkového procesu řízení jakosti a jeho rozšíření o nedostatky, které jsou podloženy reklamací ze strany zákazníka jako příklad důležitosti těchto operací kontroly.

Další částí je popsáno případné vlastní doporučení pro další provoz v oblasti výstupní kontroly, jehož největší význam spočívá v co nejširší minimalizaci vad, a tím samozřejmě v odstranění reklamací ze strany zákazníka z hlediska nedodržení kvality dílů či vynechání jednoho nebo více kroků pracovního postupu, což by měla kontrola dílu odhalit.

Závěrem je zhodnocen celkový proces řízení jakosti s ohledem na nedostatky v kontrole dílů a poukázání na to, zdali byly cíle práce splněny.

Celý proces prokazování kvality ve firmě byl prozkoumán a každá kontrolní operace byla důkladně rozebrána s hodnocením výhod a nedostatků. Celkově bych prokazování kvality ve firmě Witzenmann Opava spol. s r.o. hodnotil kladně, jelikož výrobní proces z hlediska kvality ve firmě funguje a má zaveden svůj systém. Avšak praktická část pojednává o menších nedostacích, které jsou rozebrány v kapitole č. 4.1, a není na ně

kladen takový důraz, jako na nejdůležitější problém, kterým je kontrola pájeného spoje zmíněna v kapitole 4.2.

Celkové zhodnocení:

- Malé nedostatky zpomalující proces a hodnotu řízení kvality
 - Kapitola 4.1.1 Měření vnějšího průměru trubky
 - Kapitola 4.1.2 Kontrola převýšení svaru
 - Kapitola 4.1.3 Kontrola profilu tvářených vln
 - Kapitola 4.1.4 Kontrola délky oříznutého vlnovce
 - Kapitola 4.1.5 Finální kontrola zhotoveného dílu
- Velké nedostatky s nebezpečným dopadem pro firmu v případě chybovosti
 - Kapitola 4.2 Kontrola vhodného nanesení pájecí pasty a tím i celistvosti pájeného spoje

Malé nedostatky jsou jen návrhy pro zlepšení celkové kvality a rychlosti procesu prokazování kvality, což by při jejich zavedení do výrobního procesu mělo kladné dopady pro celkový systém prokazování kvality.

Jako velký nedostatek bych hodnotil kontrolu pájeného spoje, jelikož je operace pájení jedna z nejdůležitějších operací z hlediska pevnosti a těsnosti dílu. Samotného mě překvapilo, že tato kontrola ve firmě funguje takovýmto způsobem popsáním v kapitole 4.2 už léta a zatím výrazné problémy s touto operací nejsou spojovány, což je pro firmu samozřejmě pozitivum, na druhou stranu je dle mého názoru riskantní na tento fakt spoléhat i do budoucna, především pak s ohledem na stále se zvyšující nároky nejen na kvalitu dílů, ale i ostatní aspekty procesu výroby v oblasti automobilového průmyslu.

Cíle diplomové práce byly z mého hlediska dosaženy, a to ve formě vyzdvižení případných nedostatků v procesu kontroly dílů při všech výrobních operacích. Z hlediska praktického jsou možné změny v jednotlivých krocích kontroly dílů zatím jen na úrovni návrhů a doporučení a to, zda jsou přínosné a zda by bylo vhodné jejich zakomponování do výroby, závisí na samotném vedení firmy.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych věnoval své poděkování především panu Ing. Jakubovi Minarčíkovi z firmy Witzenmann Opava spol. s r.o., který mne provedl celým procesem řízení jakosti ve firmě, všechny mé dotazy ochotně a srozumitelně vysvětlil a poskytl všechny potřebné informace k této diplomové práci. Zároveň bych chtěl poděkovat své rodině za celoživotní podporu ve studiu, zvláště panu Martinovi Gurovi, který má ve firmě dlouholeté zkušenosti a také svými vědomostmi přispěl k zodpovězení mých dotazů ohledně procesu řízení jakosti ve firmě.

Děkuji také svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Ladislavovi Hrabcovi, Ph.D. z katedry výrobních strojů a konstruování VŠB – TUO za poskytnutí konzultací, cenných rad pro vypracování diplomové práce a klidným průběhem celého dění.

7. Seznam použitých zdrojů

- [1] Witzenmann Opava [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: www.witzenmann.cz
- [2] BOA® GROUP [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: http://www.boagroup.com/uploads/media/e_16-06_Mod1_Metal_Hose_Guide_complete_red_01.pdf
- [3] EN ISO 10380: Pipework - Corrugated metal hoses and hose assemblies. 3rd ed. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [4] Spektrometry Vanta[online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: https://www.spektrometry.cz/rucni_spektrometr_vanta/xrf_vanta_rucni_analyzator.php
- [5] ELUC [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1568>
- [6] Micro - epsilon[online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: <https://www.micro-epsilon.cz/displacement-position-sensors/eddy-current-sensor/>
- [7] Unimetra [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: <http://www.unimetra.cz/cz/katalog/carkova-a-delkova-meridla/merici-pasky-pro-obvod-a-prumer/9-merici-pasky-pro-obvod-a-prumer-cirkometry.html#!prettyPhoto>
- [8] Keyence [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: https://www.keyence.eu/landing/measure-sys/pr_im-7000_2_cz.jsp
- [9] Somet [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: <http://www.sometcz.com/obchod/mikrometry-a-pasametry/digitalni-mikrometry-0-100-kryti-ip65/digitalni-mikrometr-0-25-ip65>
- [10] Gamin [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/fixy-a-inkousty/>
- [11] Hydrotech [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: <https://www.hydrotech.com/store/product/30664-ctu-1030-m-u-z>

- [12] Extol premium [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: <https://www.rr-naradi.cz/metr-svinovaci-s-magnetem-5m-sirka-pasku-19mm-extol-premium>
- [13] Mitutoyo [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: <http://www.sometcz.com/obchod/posuvna-meritka/digitalni/digitalni-posuvna-meritka-ochrana-ip67/digitalni-posuvne-meritko-mitutoyo-ip67-300-mm>
- [14] Eola [online]. [cit. 2018 – 04 – 05]. Dostupné z: <http://eola.cz/produkty-sluzby/strojove-videni/cognex-systemy-strojoveho-videni#in-sight>
- [15] Interní materiály firmy Witzenmann Opava spol. s r.o.

8. Seznam příloh

- Příloha č. 1 – Ukázka náměrové karty